

Filipovics Alex*

Az elektromos és hibrid hajtásláncú személy- és tehergépjárművek alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben I. rész

Mai világunk égető gondolatai között több olyan is akad, amelyek fő okozója a gépjárműállomány. Az egyik fő probléma a kőolaj- és földgázkészletek véges mennyisége. Az Amerikai Egyesült Államok Energetikai Információs Hivatalának becslése szerint a kőolaj-készletek körülbelül 41 éven belül, míg a földgázkészletek mintegy 155 éven belül merülnek ki. [1] A másik probléma a levegőszennyezés, amelyben a gépjárműveken kívül más belső égésű motorral rendelkező közlekedési eszközök (hajók, repülőgépek, vonatok stb.) is szerepet játszanak. A gépjárművek által okozott levegőszennyezés csökkentése érdekében az Európai Unió (EU) egyre szigorúbb károsanyag-kibocsátás normákat – jelenleg az Euro 6d-ISC-FCM érvényes – vezet be. Ennek következtében a gépjárműgyártó cégek egyre kevésbé szennyező, a környezetbarát elvekre törekvő gépjárműveket gyártanak, amelyet úgy érnek el, hogy a belső égésű erőforrást hibrid és elektromos meghajtással (alternatív meghajtás) párosítják vagy helyettesítik. [2]

A tanulmány célja az alternatív hajtásláncú személy- és tehergépjárművek alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata a Magyar Honvédségben (MH). A gépjárművek technikatörténetében a hibrid és tisztán elektromos hajtásra történő áttérés jelentős fejlődésnek tekinthető, mivel a korábbi közlekedési eszközök működésük során benzint vagy gázolajat égettek el annak érdekében, hogy a mozgáshoz szükséges energiát előállítsák. Az alternatív hajtásláncú gépjárművek megjelenése azért is jelentene fordulópontot, mert a megfelelő megújuló energia alkalmazása (pl.: napenergia) hosszú távú megoldást jelent az „üzemanyagkészlet” felhasználásában. A tanulmányban – eltekintve minden más, a gépjárművek működése közben felhasználandó anyagtól – üzemanyagnak nevezünk minden olyan anyagot, amelynek égése során hőenergia szabadul fel. Az

üzemanyagok, halmazállapotuk szerint szilárd, cseppfolyós vagy gáznemű anyagok lehetnek.

Szilárd tüzelőanyagok közé tartozik pl.: a fa, a szén stb., a folyékony üzemanyagok közül legfontosabb a gázolaj, a benzin, a kerozin vagy éppen a folyékony hidrogén. Bizonyos gáznemű üzemanyagokat a tárolás megkönnyítése érdekében cseppfolyósítva tárolnak pl.: a földgázt. [3]

A GM Defense LLC¹ az amerikai hadsereggel együttműködve kutatásokat végez az alternatív hajtásláncú járművek katonai alkalmazhatósága érdekében. A GM Defense napjainkra látványos eredményeket ért el, ugyanis 12 hét alatt hibrid hajtásúvá alakítottak át egy belső égésű motorral rendelkező, könnyű személyszállító járművet. A biztató eredmények ellenére sem a cég, sem a hadsereg nem tervezi harcjárművek tömeges átalakítását, mivel a jelenleg rendelkezésre álló akkumulátorok energiasűrűsége ezt nem teszi lehetővé. Ahhoz, hogy egy hibrid jármű képes legyen ugyanazt a teljesítményt nyújtani, mint egy belső égésű motorral szerelt típus, maga az akkumulátor-csoomag nagyobb és nehezebb lenne, mint a harcjármű. Figyelembe véve, hogy az USA és Kanada is tervezi alternatív hajtásláncú járművek alkalmazását, valószínűsíthető, hogy további államok hadseregei, pl. a Magyar Honvédség is tesz hasonló lépéseket. [4] [5]

Sokan úgy gondolják, hogy a hibrid hajtás a 20. század találmánya, noha a történelem során már korábban is történtek kísérletek elektromos hajtás személygépjárműbe történő építésére. Az első hibrid autónak az Armstrong Phaeton számít (1. ábra), amely 1896-ban jelent meg. A járművet 6,5 literes hengerűrtartalmú, kéthengeres motor, és egy dinamóval összekapcsolt lendkerék hajtotta. A dinamó, valamint a fékezéskor keletkezett energia töltötte a személygépjárműben található akkumulátort, amelyről a lendkerék az áramot kapta. Az akkumulátor feladata a lám-

ÖSSZEFOGLALÁS: A kőolaj- és a földgázkészletek véges mennyisége, valamint a levegőszennyezés napjaink két olyan fő problémája, amelyekben jelentős szerepet játszanak a közlekedési eszközök, azon belül a gépjárművek is. E problémák enyhítése érdekében az Európai Unió egyre szigorúbb károsanyag-kibocsátási normákat vezet be. A szabályozás következtében a különböző cégek kevésbé szennyező, fokozottan környezetbarát – elsősorban hibrid vagy tisztán elektromos – gépjárműveket gyártanak.

KULCSSZAVAK: alternatív hajtáslánc, hibrid gépjármű, levegőszennyezés, tisztán elektromos gépjármű

ABSTRACT: In our days two major problem vehicles play a significant role, which are the finite quantity of crude oil and natural gas resources and the air pollution. To ease these problem, the European Union sets up more and more strict emission standards, through these the different businesses make more environmentally friendly vehicles, which manifests in hybrid or fully electric vehicles.

KEY WORDS: alternative powertrain, hybrid vehicle, air pollution, fully electric vehicle

* Hadnagy, Magyar Honvédség 64. Boconádi Szabó József Logisztikai Ezred, harcanyagellátó szakaszparancsnok. ORCID: 0000-0002-8702-0519



1. ábra. Az első hibrid autó, az Armstrong Phaeton [6]

pák működtetése, valamint a motor beindításában való segítség volt. Az Armstrong Phaeton egy egyetlen példányban legyártott kísérleti jármű volt, amely rendszeres használata ellenére sokáig rejtve maradt a nyilvánosság előtt, mígnem tavaly árverésre nem bocsájtották. [6]

Az első hivatalos hibrid szériaautónak az 1997-ben megjelent Toyota Prius számít. Jelenleg is ez a leginkább ismert alternatív hajtásláncú személygépjármű a világon, és ebből a típusból adták el a legtöbbet világszerte.

Ahhoz, hogy ezeknek a gépjárműveknek az MH-ban történő alkalmazhatóságát vizsgáljuk, elengedhetetlen a különböző hajtásláncok bemutatása.

ALTERNATÍV HAJTÁSLÁNCÚ GÉPJÁRMŰVEK

Gyakori tévedés az alternatív meghajtások területén, hogy a köznyelvben sokszor a hibrid járműveket is elektromosnak nevezik. A részigazság tisztázásához először az elektromos gépjármű fogalmát célszerű megismerni. „Az elektromos autó egy vagy több elektromos motor által hajtott közlekedési eszköz. A meghajtáshoz szükséges elektromos áramot akkumulátorban vagy más energiatároló eszközben viszi magával.” [7] Ezáltal elektromos autónak csak azok a járművek nevezhetők, amelyek tisztán elektromosak, azaz nem található bennük belső égésű motor. A tisztán elektromos járművek képességei teljesítmény és hatótávolság szempontjából egyaránt korlátozottak, ezek ellensúlyozására a gyártók az elektromotor mellett gyakorta egy belső égésű motort is alkalmaznak. Ezeket a járműveket nevezük hibrideknek. A köznyelvben előforduló hibás szóhasználat onnan eredhet, hogy a hibrid járművek többsége is képes tisztán elektromos módban közlekedni, ettől azonban még nem számítanak elektromos járműnek. [7]

Az alternatív hajtásláncú járművek többféle szempont szerint csoportosíthatók. Az egyik szempont a tisztán elektromosan megtehető hatótávolság. (1. táblázat)

A tisztán elektromosan megtehető hatótávolság szempontjából az öntöltő hibrid a leggyengébb, mivel az ilyen járművek egy része egyáltalán nem képes tisztán elektromos haladásra. Az ún. full-hibrid típusok már képesek erre, de csak néhány km erejéig. További hátránya ennek a típusnak, hogy külső energiaforrásból nem lehet tölteni, csak a fékezési energia, valamint – állandó menetsebesség esetén – a generátorból nyert többletenergia tölti a gépjárműben található akkumulátort. A belső égésű motor és az elektromotor egyszerre vagy külön-külön is képes a műkö-

1. táblázat. Az alternatív hajtásláncú járművek által tisztán elektromosan megtehető hatótávolságok

(A szerző szerkesztése [7] alapján)

Meghajtás módja	Tisztán elektromos hatótávolság (km)
Öntöltő hibrid	0 – néhány km
Plug-in hibrid	20 – 50
Hatótávolság-növelt elektromos autó	100 – 150
Üzemanyagcellás elektromos autó	650+
Tisztán elektromos autó	100 – 250 (Tesla: 400 – 500)

désre, adott esetben az erről szóló döntést a rendszer vagy a gépjárművezető is meghozhatja. [8]

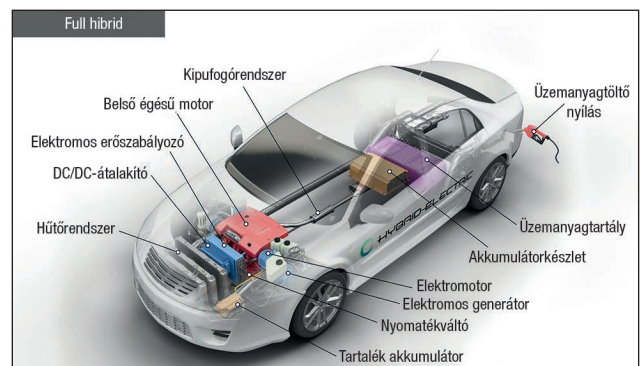
A full hibrid járművek álló helyzetben készenléti módba kapcsolnak át, ezzel megszüntetve a zaj- és károsanyag-kibocsájtást. Finom elinduláskor típusától függően kb. 50 km/h-s sebességig csak az elektromotor működik, a kis kapacitású akkumulátor miatt azonban, ez csak néhány km-ig tartható fenn, utána beindul a belső égésű motor. A rendszer parkoláskor is csak az elektromotort használja, mivel ez a manőver nem igényel sem nagy sebességet, sem nagy nyomatóköt. Lassú, egyenletes sebességnél a belső égésű motor csak az elektromotort segíti, nagyobb sebességnél azonban ez éppen fordítva történik. Intenzív gyorsításkor – a maximálisan elérhető hatás elérése érdekében – mindkét motor a legnagyobb teljesítményen működik. Fékezéskor a hibrid rendszer leválasztja a belső égésű motort, és a fékezésből származó energiát felhasználva tölti az akkumulátorokat. A töltés akkor a leghatékonyabb, ha minél hosszabb ideig tart, és egyenletesen történik. [8]

A FULL HIBRID GÉPJÁRMŰVEK

A hibrid gépjárművek rendkívüli előnye a belső égésű motorral szerelt típusokhoz képest, hogy hiányzik belőlük számos bonyolult és drága (több fokozatú nyomatókváltó, kettős tömegű lendítőkerék, tengelykapcsoló stb.) alkatrész, valamint a hibrid technológiának köszönhetően a fékbetétek és a féktárcsák is lassabban kopnak. A legtöbb full hibrid gépjárműben elektronikus vezérlésű, fokozatmentes nyomatókváltó (sebességváltó) található, amely optimálisan kombinálja a két erőforrást az adott menetdinamikai követelményeknek megfelelően. A legtöbb ilyen típusú autóban az akkumulátort a hátsó ülések alá helyezik

2. ábra. Személygépjármű általános full hibrid kialakítása

(A szerző szerkesztése [10] alapján)



el annak érdekében, hogy az a lehető legkevésbé csökkentse a raktérkapacitást. [9]

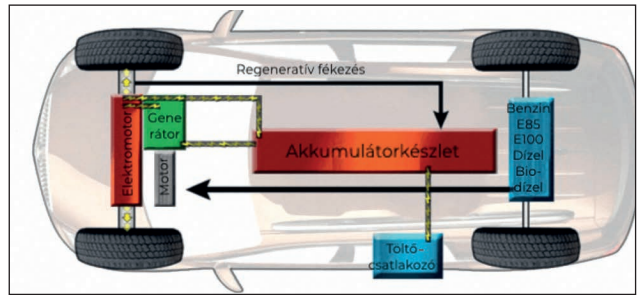
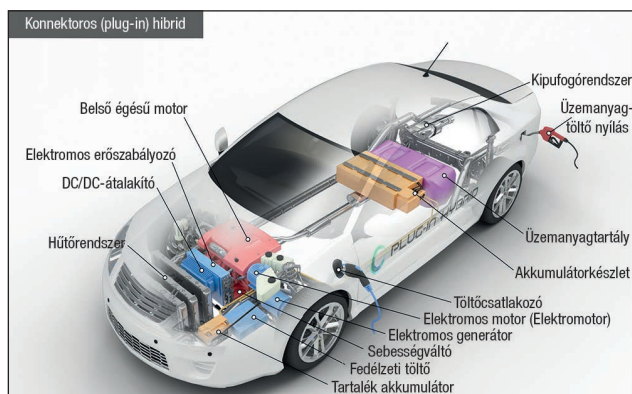
A 2. ábrán látható, hogy a full hibridek nem sokban különböznek a hagyományos belső égésű motorral szerelt társaiktól. Az alkatrészek közötti nagyobb eltérések a hibrid hajtáslánc miatt adódnak, ezek az elektromos erőszabályozó, az akkumulátorkészlet, az elektromotor, az elektromos generátor, a tartalék akkumulátor és a DC/DC-átalakító. Ez utóbbi feladata, hogy az akkumulátora, a generátor és az elektromotor eltérő feszültségeit egymásba alakítsa. Az ábrán jól látható az akkumulátorok elhelyezkedése, valamint szembetűnő, hogy az akkumulátor töltése külső forrásból nem lehetséges. A full hibrid járművek közé tartoznak például az újabb Toyota Priusok, valamint a márka Auris és Yaris típusai, illetve a Toyota leányvállalatának, a Lexusnak a CT200h és az IS300h típusa is.

A PLUG-IN HIBRID GÉPJÁRMŰVEK

Tisztán elektromos hatótávolság szempontjából kedvezőbb a plug-in hibrid (a köznyelvben konnektoros) technológia, amellyel a jármű már 20–50 km megtételére is képes. Jelentős különbség a full hibrid és a plug-in hibrid között, hogy nagyobb kapacitású akkumulátorral rendelkezik, amelyet külső forrásból számos helyen (otthon, munkahelyen, nyilvános töltőponton) fel lehet tölteni. A full hibridhez hasonlóan ezek a gépjárművek is képesek a fékezéskor és guruláskor keletkezett többletenergia felhasználásával tölteni az akkumulátort. [7] A hibrid hajtás az erőátvitelt a full hibrid modellekhez hasonlóan valósítja meg, tehát figyelembe veszi a környezeti és egyéb tényezőket (pl.: az akkumulátor töltöttsége), de a gépjárművezető is kiválaszthatja, hogy adott esetben a belső égésű motort vagy az elektromotort kívánja-e alkalmazni. [11]

Ha összehasonlítjuk a full hibrid (2. ábra) és a konnektoros (plug-in) hibrid (3. ábra) kialakítású gépjárműveket, akkor szembetűnő, hogy a fő különbséget a töltőcsatlakozó jelenti. Ennek segítségével az akkumulátort akár otthon vagy nyilvános töltőponton is fel lehet tölteni, de továbbra is adott a lehetőség arra, hogy a belső égésű motor és generátora szolgáltatson töltést. Ez a megoldás előnyös a városi közlekedés szempontjából, hiszen az elektromotor alkalmazásával jelentősen csökkenthető a gépjármű fogyasztása és károsanyag-kibocsátása, a városon kívüli hosszabb utakra azonban rendelkezésre áll egy belső égésű motor is. Ebbe a kategóriába tartozik például a Hyundai Ioniq, a BMW 330e, illetve a Kia Niro is. [7] [12]

3. ábra. Személygépjármű konnektoros (plug-in) hibrid kialakítása (A szerző szerkesztése [12] alapján)



4. ábra. A hatótávnövelt elektromos autók általános felépítése (A szerző szerkesztése [13] alapján)

A HATÓTÁVNÖVELT ELEKTROMOS GÉPJÁRMŰVEK

A hatótávnövelt elektromos autó (REX – Range Extender) egy kivételes típus – egyes szakértők szerint nem is számít hibridnek –, hiszen a hibrid modelleknél mindkét motor képes meghajtani a járművet, ennél a típusnál azonban csak az elektromotor az, amely a hajtást szolgáltatja, a belső égésű motor csupán a generátort forgatva tölti az akkumulátort. [7]

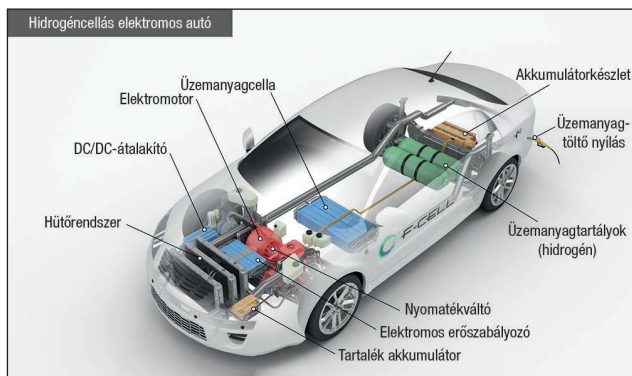
Mivel a REX a legkevésbé ismert hibrid technológia, ezért kevés gépjárműtípuson alkalmazzák. Idesorolható a BMW i3 REX és a Chevrolet Volt. A közösségi közlekedési eszközök (autóbuszok, londoni taxik) között azonban a leginkább elterjedt ez a technológia, mivel alkalmazásával jelentősen csökkenthető a városokban a szén-dioxid kibocsátás. [14] Gyakorta alkalmazzák azonban nagy és extrém terhelésű járműveknél. Ezek esetében ugyanis olyan bonyolult lenne az erőátvitelt megoldani, hogy sok esetben elektromotorok hajtják a kerekeket, és egy nagyteljesítményű dízelgenerátor biztosítja hozzá az áramot. [15]

AZ ÜZEMANYAGCELLÁS GÉPJÁRMŰVEK

Az üzemanyagcellás technológia a Toyota nevéhez fűződik, ugyanis a cég már 1992 óta kísérletezik és fejleszti a hidrogén alapú hajtásláncot. Valamennyi közül ez a technológia a legújabb és legköltségesebb. Napjainkban kevés kiépített hidrogéntöltő állomás létezik (Magyarországon 2021. áprilisban adták át az elsőt), de világszerte is nagyon kevés gépjárműben található ilyen hajtáslánc. A hidrogénnel töltött üzemanyagtartályok és az üzemanyagcella elhelyezésének egyik lehetőségét az 5. ábra szemlélteti. [16] [17]

Ez a technológia úgy állítja elő a gépjármű számára szükséges elektromos áramot, hogy az üzemanyagcellában a fordított elektrolízis során kölcsönhatásba lép egymással az oxigén és a hidrogén, amelynek következtében elektromos áram, és víz jön létre. A folyamat során nem kerül a környezetbe semmilyen üvegházhatású gáz, vagy bármilyen egyéb környezetet szennyező anyag, a végtermék tiszta víz. [19] [20]

A működés elve rendkívül egyszerű: a szerkezet egy elemi cellája két elektródából, és a közöttük elhelyezett polimer membránból áll. A félig áteresztő membránon csak a protonok juthatnak át, így a hidrogénionok a katód körül gyűlnek össze, ahol reakcióba lépnek az oxigénionokkal. Az anódon felszabaduló elektronok elektromos áram formájában hagyják el a cellát, és az autó elektromos hajtását szolgálják. Az üzemanyagcella kb. 10 000–20 000 óras élettartama alatt semmilyen karbantartást nem igényel, ugyanakkor a degradáció következtében a teljesítménye

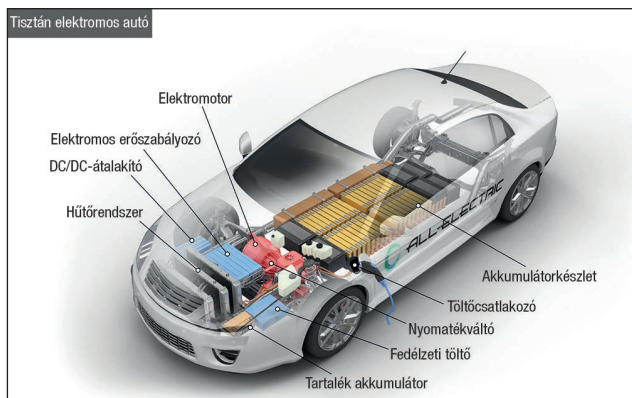


5. ábra. Az üzemanyagcellás elektromos autók általános felépítése (A szerző szerkesztése [18] alapján)

folyamatosan romlik. [20] A kémiai reakció egyetlen mellékterméke a víz, amellyel a Toyota szerint: „ez az autó valójában tisztítja a levegőt menet közben”, ugyanakkor azt is fontos tudni, hogy jelenleg az ipari hidrogén túlnyomórészt még nem zöld módon (pl. napelemekkel) állítják elő, hanem hagyományos környezetkárosító petrokémiai módszerekkel. [21]

A TISZTÁN ELEKTROMOS GÉPJÁRMŰVEK

A 6. ábrán jól látható, hogy a tisztán elektromos autók felépítése jelentős mértékben eltér a korábbi típusoktól. Nem található meg bennük a folyékony üzemanyagok tárolására és továbbítására szolgáló rendszerek és alkatrészeik (üzemanyagtartály, tápszivattyú, csővezetékek stb.). A tisztán elektromos technológiának köszönhetően, ezekben a gépjárművekben kevesebb mechanikai igénybevételnek kitett alkatrész található. [22]



6. ábra. A tisztán elektromos autók általános felépítése (A szerző szerkesztése [22] alapján)

KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS GAZDASÁGOSÁGI SZEMPONTOK

Az alternatív hajtásláncok egyik legmeghatározóbb előnye a belső égésű motorral szerelt társaikhoz képest, a környe-

zetbarát technológia és a fenntarthatóság. Amennyiben megkülönböztetünk közvetlen és közvetett károsanyag-kibocsátást, úgy közvetlennek számítanak a kipufogórendszerből a levegőbe jutó káros anyagok, míg közvetett szennyezés az egészségre, illetve a környezetre ártalmas melléktermékek, amelyek az autó előállítása és élettartama során keletkeznek. Az alternatív hajtásláncú járművek közvetlen károsanyag-kibocsátása kisebb a tisztán robbanómotorral szerelt eszközökhöz képest, ahhoz azonban, hogy a közvetett károsanyag-kibocsátást is meg tudjuk becsülni, meg kell vizsgálnunk, hogy az alkalmazó milyen módon állítja elő (fosszilis, megújuló, nukleáris vagy egyéb forrás) a gépjárművek töltéséhez szükséges elektromos áramot. [9] A jelenlegi technológiák mellett rendkívüli környezetromboló hatása van az akkumulátorok előállításához szükséges lítium és a ritkaföldfémek (pl. kobalt) bányászatainak is.

A környezetvédelmi szempontokon túl, a hibrid gépjárművek megítélésénél meghatározó tényezőt jelentenek a gépjárművekkel kapcsolatos költségek. Ebbe a körbe tartozó gazdasági kategóriák: a vételár, az üzemanyagköltség, valamint az üzemeltetési költségek. Az alternatív hajtásláncú gépjárművek hátránya a magas árak. Mivel a hibrid eszközökben kétféle meghajtás található, ezért drágábbak, mint a hagyományos belső égésű motoros társaik. Az ilyen típusú, és a tisztán akkumulátoros hajtású gépjárművekben található akkumulátorok is rendkívül drágák. A 2. táblázat a legfrissebb (2022. július) árlisták alapján szemlélteti a Kia Sorento és a Kia Niro különböző hajtásláncú típusait.

A Kia Sorento esetében nincs nagy különbség a hagyományos belső égésű motorral szerelt, és a full hibrid technológiát alkalmazó modell kiskereskedelmi ára között. Nagyobb az árbeli különbség a full hibrid és a plug-in hibrid között, amely a Sorento esetében 11%, míg a Niro-nál 27%. A tisztán elektromos és a plug-in hibrid modell közötti árnövekedés 23%-os. [23] Vagyis jól látható, hogy a több akkumulátor költsége jelentősen meghaladja a belső égésű motor és a komplex erőátvitel költségét.

A hibrid gépjárművek üzemeltetési költsége is magasabb a két erőforrás, valamint a lítium akkumulátor miatt, amelynek a cseréje akár több millió forintba is kerülhet. Egyedül a tisztán elektromos autóknak alacsonyabb az üzemeltetési költségük, mivel kevesebb bennük a kopó alkatrész. [9]

A 3. táblázatból kitűnik, hogy az üzemanyag-fogyasztás mértéke, és 100 km-re vetített költsége függ attól, hogy milyen hajtásláncú járművet alkalmazunk. A táblázatban példaként feltüntetett gépjárművek kategória, teljesítmény és ár tekintetében hasonlóak. A full hibrid gépjárműnél azért nem számolhatunk elektromos fogyasztással, mert nem képes tisztán elektromos hajtásra, és ez a legtöbb full hibrid modellre igaz. A táblázatból az alternatív hajtásláncú gépjárművek fogyasztásbeli előnyei is láthatók. A 100 km-re vetített költséget leginkább a tisztán elektromos és a konnektoros (plug-in) hibrid típusokkal lehet csökkenteni. A költségeket a Nemzeti Adó- és Vámhivatal (NAV) és az E.ON energiaszolgáltató hivatalos oldalán található, 2022 szeptemberi aktuális adatokkal számolva a 4. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. Különböző hajtásláncú személygépjárművek vételárainak összehasonlítása [23]

Típus	Kia Sorento	Kia Sorento Hybrid	Kia Sorento Plug-in Hybrid	Kia Niro Hybrid	Kia Niro Plug-in Hybrid	Kia e-Niro
Kiskereskedelmi ár (Ft)	15 490 000	15 990 000	17 790 000	9 999 000	12 749 000	15 699 000



3. táblázat. Különböző hajtásláncú járművek átlagfogyasztása és költsége (A szerző szerkesztése [23] alapján)

Meghajtás típusa	Példajármű	Teljesítmény (kW/LE)	Nyomaték (Nm)	Kapacitás (l, kWh, kg)	Hatótávolság (km)	Költség 100 km-re (Ft)
Belső égésű motoros	Suzuki Vitara	88/120	156	Benzin: 47 l	886	2546
Hibrid	Suzuki Vitara	99,6/135	198	Benzin: 47 l	Benzines üzemben: 886	2546
Konnektoros (plug-in) hibrid	Kia Niro PHEV	104/141	265	Benzin: 43 l Akkumulátor: 8,9 kWh	Benzines üzemben: 811 Elektromos üzemben: 49	2436
Hatótávnövelt	Chevrolet Volt	111/152	370	Benzin: 35 l Akkumulátor: 18,4 kWh	Benzines üzemben: 466 Elektromos üzemben: 85	3166
Üzemanyagcellás	Toyota Mirai	134/182	300	Hidrogén: 5,6 kg	629	3591
Tisztán elektromos	Kia e-Niro	100/136	395	Akkumulátor: 39,2 kWh	289	478

4. táblázat. 2022. szeptemberi energia/energiahordozó egységárak

Energiaforrás	Egységár
Áram	35,293 Ft/kWh
Benzin	480 Ft/l
Dízel	480 Ft/l
Hidrogén	4033,4 Ft/kg (10 €/kg)

AZ ALTERNATÍV HAJTÁSLÁNCOK ELŐNYEINEK ÉS HÁTRÁNYAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A gépjárművek károsanyag-kibocsátásának – mint közvetlen környezetszennyezés – csökkentése érdekében az EU egyre szigorúbb, a személy- és tehergépjárművekre egyaránt vonatkozó kibocsátási normákat vezet be, amelyeket a gyártóknak kötelező betartaniuk. Az áthidalhatatlan technikai akadályok miatt előtérbe kerül a tisztán elektromosan megtehető hatótávolság, amely a belső égésű motor és az elektromotor kapcsolatától és az akkumulátorok kapacitásától függ. Minél nagyobb az akkumulátorok kapacitása, annál nagyobb távolságot tud megtenni tisztán elektromosan az adott gépjármű.

A feltöltőhálózat kiépítettsége azt jelzi, hogy az adott hajtáslánccal rendelkező járműhöz szükséges feltöltési pontból mennyi található. Az első három típusnál ez a szám azért magas, mert a jól kiépült benzinkúthálózatnak köszönhetően fosszilis üzemanyaggal könnyű feltölteni a járműveket. A tisztán elektromos hajtásút azonban már nehezebb, mivel az elektromos töltőállomások kiépítettsége még hiányos, gyors töltőpontok jellemzően csak nagyobb településeken található, amely tény egybevág az ilyen típusú autók jellemző felhasználási területével. A hidrogén-cellás járművek számára a cikk írásakor mindössze Budapesten található egyetlen töltőállomás.

A feltöltési idő azt jelenti, hogy mennyi idő szükséges ahhoz, hogy teljesen fel legyen töltve az adott jármű akkumulátora és/vagy üzemanyagtartálya, ezáltal újra „útra kész” legyen. A full hibrid modellek és a hidrogén-cellás járművek

esetében ez az érték alacsony, mivel töltőpistoly segítségével pár perc alatt meg lehet tölteni az üzemanyagtartályukat. Bár a hidrogén esetében ezt a járművezető nem teheti meg, a magas tárolási nyomás (300–700 bar) miatt speciális eszközök és képzett személyzet szükséges a művelet végrehajtásához. A többi hajtáslánccal az érték közepes, mert az akkumulátorok feltöltéséhez több időre van szükség (bár ezt nagyban befolyásolja a töltőberendezés teljesítménye is). A háztartási aljzatból történő töltéshez kb. 11 óra szükséges, míg egy ultragyors töltőállomáson, akár 7 perc alatt is fel lehet tölteni az akkumulátort névleges kapacitásának 80%-ára. A legtöbb gyártó ugyanis az akkumulátorok optimális töltöttségi szintjét 50–80% között határozza meg, továbbá 0%-ról 80%-ra és 80%-ról 100%-ra szinte azonos idő alatt töltődnek fel az akkumulátorok. A szervizhálózat kiépítettségére az adott hajtáslánccal rendelkező márkák hazai márkakereskedéseinek számából, illetve az alkalmazott technológia elterjedtségéből következtethetünk. A tisztán elektromos hajtáslánc esetében figyelembe kell venni a márkafüggő kiépítettséget – a Teslának például csak egyetlen márkaszervize van az egész országban. A járművek alkatrészeinek nagy része megegyezik a belső égésű motorral szerelt társaikkal, az akkumulátorkészletek beszerzése azonban bonyolultabb, ezért az alkatrész-ellátottság a legtöbb esetben csupán közepesre értékelhető. Az üzemanyag estében a hibrid hajtásláncoknál a sorrend attól függ, hogy melyik a fő energiaforrás. Full hibrid esetében a belső égésű motor a fő erőforrás, és az elektromotor csak segíti azt, míg a hatótávnövelt elektromos autó esetében éppen fordított a helyzet: az elektromotor a fő erőforrás, és a belső égésű motor csak generátorként működik a folyamatos meghajtás biztosításának érdekében. Az igénybe vehető állami támogatást a mindenkori pályázatok figyelembevételével jelezzük a táblázatban. Jelenleg csak a tisztán elektromos autókra kapható állami támogatás civil szervezetek és egyesületek, természetes személyek, illetve felsőoktatási intézmények részére. [9] [25]

Összességében a közvetlen környezetszennyezés és a tisztán elektromos hatótávolság tekintetében az üzemanyagcellás és a tisztán elektromos hajtáslánc alkalmazása tűnik a legjobb megoldásnak, utóbbira többnyire állami támogatás is igényelhető. A töltő- és szervizhálózat kiépí-

5. táblázat. Az alternatív hajtásláncok előnyeinek és hátrányainak összehasonlítása (A szerző szerkesztése)

Szempont	Full hibrid	Plug-in hibrid	Hatótávnövelt	Üzemanyag-cellás	Tisztán elektromos
Közvetlen környezetszennyezés	Magas	Közepes	Alacsony	–	–
Tisztán elektromos hatótávolság	Nagyon alacsony	Alacsony	Közepes	Nagyon magas	Magas
Feltöltő hálózat kiépítettsége	Magas	Magas	Magas	Nagyon alacsony	Közepes
Feltöltési idő	Alacsony	Közepes	Alacsony/ Közepes	Alacsony	Közepes (a töltőpont kapacitásától függően)
Szervizhálózat kiépítettsége	Magas	Magas	Magas	Nagyon alacsony	Közepes
Alkatrész-ellátottság	Közepes	Közepes	Közepes	Nagyon alacsony	Közepes
Üzemanyag	Benzin/dízel + elektromos energia	Benzin/dízel + elektromos energia	Elektromos energia + benzin/dízel	Hidrogén	Elektromos energia
Állami támogatás	Nincs	Nincs	Nincs	Nincs	Van

tettsége, valamint az alkatrész-ellátottság terén azonban fordított a sorrend. Ezeket figyelembe véve a full hibrid, a plug-in hibrid vagy a hatótávnövelt elektromos autó lenne a legjobb megoldás, mivel ezeknek a fő hajtóanyaguk folyékony üzemanyag. Kritikus pont az alkatrész-ellátottság is; a hidrogéncellás hajtáslánc esetén az új technológia, a tisztán elektromos gépjárműveknél a nagy kapacitású akkumulátorok miatt.

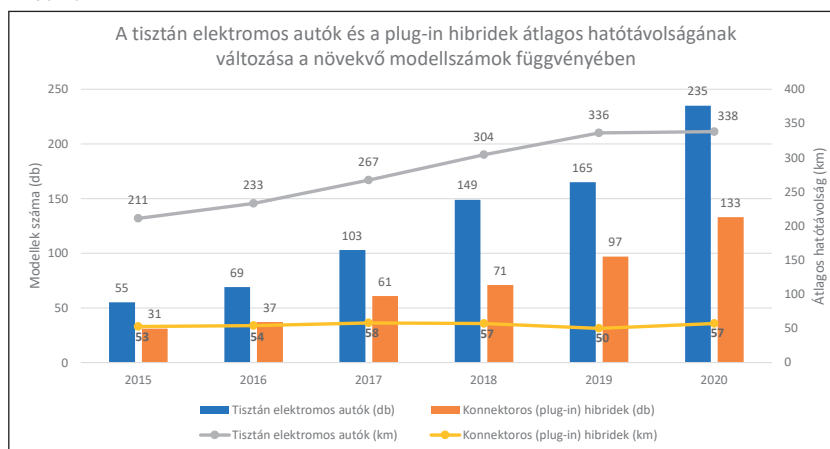
Az alternatív hajtásláncokra irányuló fejlesztések megismerése érdekében célszerű összehasonlítani azokat a belső égésű motoros gépjárművekkel. A hatótávolság, az üzemanyag töltési sebessége és a töltési hálózat kiépítettsége szempontjából a belső égésű motorral szerelt gépjármű típusok jelenleg még előnyösebbnek tűnnek az alternatív hajtásláncú típusokkal szemben.

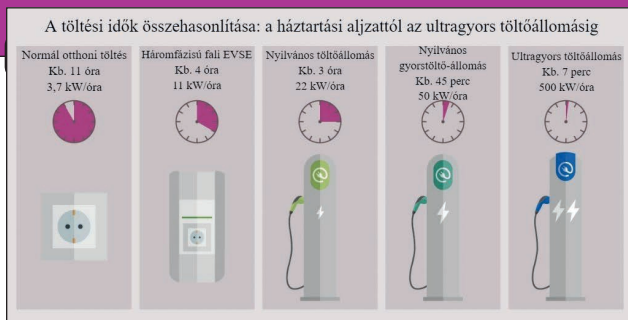
A hatótávolság növekedése nagyobb kapacitású akkumulátorok beszerelésével, vagy az energiasűrűség növelésével érhető el a technológiai fejlődés ütemében. A 7. ábra szemlélteti, hogy 2015 és 2020 között 60%-kal nőtt a tisztán elektromos autók hatótávolsága úgy, hogy darabszámuk több, mint négyszeresére nőtt. A 2019-es és a 2020-as adatok alapján megállapítható, hogy a jelenlegi gépjárművek már átlagosan 330–340 km megtételére képesek. A plug-in hibridek darabszáma is négyszeresére nőtt az elmúlt 5 évben, a tisztán elektromos hatótávolság azonban átlagosan csupán 7%-kal nőtt. Ennek a két hajtásláncnak a fejlődéséből arra lehet következtetni, hogy mivel a plug-in hibridek fő erőforrása a belső égésű motor, ezért ott az akkumulátorok ára miatt nem igazán törekednek a gyártók a hatótávolság növelé-

sére. Ezzel ellentétben a tisztán elektromos gépjárműveknél egyedül az elektromotor az erőforrás, ezért ott szükségszerű a hatótávolság növelése. Az ábra alapján arra következtethetünk, hogy mindkét alternatív hajtásláncú gépjármű darabszáma nőni fog, az átlagos hatótávolságuk azonban csak kis mértékben fog emelkedni. [27]

Fontos fejlesztési irány a gépjárművek töltési idejének csökkentése, hiszen míg egy belső égésű motoros gépjárművet pár perc alatt fel lehet tölteni folyékony üzemanyaggal, addig egy hibrid vagy tisztán elektromos jármű feltöltése sokkal több időt vesz igénybe. Jelenleg az átlagos akkumulátor-kapacitás 60 kWh, amelyhez egy több száz kW teljesítményű töltő szükséges, hogy az eszköz pár perc alatt feltölthető legyen. Ezt a teljesítményt jelenleg egyetlen gépjárműtípus sem támogatja, de egyre több olyan modell

7. ábra. A tisztán elektromos autók és a plug-in hibridek átlagos hatótávolságának változása a növekvő modellszámok függvényében (A szerző szerkesztése [26] alapján)





8. ábra. A töltési módok és sebességek összehasonlítása (A szerző szerkesztése [28] alapján)

létezik, amely már rendelkezik gyorsító funkcióval. A 8. ábra a jelenlegi töltési lehetőségeket mutatja be, illetve azt, hogy kb. mennyi idő szükséges egy 60 kWh teljesítményű akkumulátor feltöltéséhez.

Az E.ON és több személygépjármű-gyártó cég is azt javasolja, hogy a gépjárművek akkumulátorait maximum 90%-ig töltsék fel, ugyanis az ennél nagyobb szintű töltés jelentős mértékben csökkentheti az akkumulátor élettartamát.

(Folytatjuk)

ÖSSZEGRZÉS

Az alternatív hajtásláncú gépjárművek fontos szerepet játszhatnak a jövő közlekedésében, hiszen a fosszilis üzemanyag előállításához szükséges forrásaink végesek. Tény, hogy hatótávolság tekintetében az alternatív hajtásláncú típusok még nincsenek versenyben a hagyományos belső égésű motoros típusokkal, de pár éven vagy évtizeden belül, már elérhetik ugyanazt a szintet. A civil szférában könnyebben alkalmazhatók ezek a gépjárművek, a katonai alkalmazás terén azonban sokkal körütekintőbben kell megválasztani, hogy melyik alternatív hajtásláncú gépjárművet rendszeresítsék.

A tanulmány következő részében a szerző az alternatív hajtásláncú gépjárművek katonai alkalmazhatóságát vizsgálja.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Tom Taylor. Amerikai Egyesült Államok Energetikai Információs Hivatalának becslése, <https://www.worldometers.info/> (Letöltve: 2022.8.26.);
- [2] 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet a közúti járművek forgalomba helyezésének és forgalomban tartásának műszaki feltételeiről, https://net.jogtar.hu/getpdf?docid=99000006.KOH&targetdate=ffffff4&printTitle=6/1990.+%28IV.+12.%29+K%C3%B6H%C3%89M+rendelet&referer=http%3A/net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi%3Fdocid%3D00000001.TXT (Letöltve: 2021.8.19.);
- [3] <https://hu.warbletoncouncil.org/combustible-505> (Letöltve: 2022.8.29.);
- [4] Jen Judson. Is the Army warming up to electric vehicles in its fleet? <https://www.defensenews.com/land/2021/07/12/is-the-army-warming-up-to-electric-vehicles-in-its-fleet/> (Letöltve: 2022.3.21.);
- [5] LCol I. Miedema. „Hybrid-electric military vehicles for the canadian army” Canadian Forces College, 2016. pp 1. <https://www.cfc.forces.gc.ca/259/290/318/192/miedemai.pdf> (Letöltve: 2022.3.21.);
- [6] 120 éves a világ első hibrid autója, és most eladó, https://hvg.hu/cegauto/20160307_vilag_elso_hibrid_autoja_armstrong Phaeton_1896_elado (Letöltve: 2021.12.14.);
- [7] <https://villanyautosok.hu/elektromos-auto/> (Letöltve: 2021.1.17.);

- [8] <https://www.toyota.hu/hybrid-innovation/index.json> (Letöltve: 2021.1.17.);
- [9] Vas Antal. „Az elektromos autók előnyei és hátrányai” <https://firstrow.hu/az-elektromos-autok-elonyei-es-hatranyai/> (Letöltve: 2021.1.17.);
- [10] Forrás: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work> (Letöltve: 2021.1.17.);
- [11] <https://www.toyota.hu/world-of-toyota/environmental-technology/what-is-a-plug-in-hybrid-new.json> (Letöltve: 2021.1.17.);
- [12] <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work> (Letöltve: 2021.1.20.);
- [13] Forrás: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/extended-range-electric-vehicle> (Letöltve: 2021.7.21.);
- [14] <https://www.evo.co.uk/technology/202558/what-is-a-hybrid-hybrid-tech-and-how-its-used-in-performance-cars/range-extender-hybrids> (Letöltve: 2021.1.20.);
- [15] Végvári Zsolt. „A szuperkondenzátorok és katonai alkalmazhatóságuk”, *Haditechnika* 53. évfolyam 5. szám (2019): 20–25. <https://doi.org/10.23713/HT.53.2.03>;
- [16] <https://www.toyota.hu/hydrogen/forradalom.json> (Letöltve: 2021.1.25.);
- [17] automotor.hu, Toyota, Átadták az első hazai hidrogén-töltőállomást, és így a Toyota Mirai forgalmazása is megindult <https://www.automotor.hu/hirek/atadtak-az-első-hazai-hidrogen-tooltoallomast-es-igy-a-toyota-mirai-forgalmazasa-is-megindult/> (Letöltve: 2022.2.15.);
- [18] Forrás: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work> (Letöltve: 2021.1.25.);
- [19] Toyota.hu <https://www.toyota.hu/world-of-toyota/articles-news-events/2020/mirai-2020> (Letöltve: 2021.1.25.);
- [20] Toyota.hu <https://www.toyota.hu/hydrogen/hidrogen.json> (Letöltve: 2021.1.25.);
- [21] Toyota.hu <https://www.toyota.hu/world-of-toyota/articles-news-events/2021/menet-kozben-tisztitja-a-levegot-a-vadonatuj-toyota-mirai.json> (Letöltve: 2021.1.25.);
- [22] <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work> (Letöltve: 2021.1.25.);
- [23] Kia Sorento és Kia Niro árlista. Kia.com, <https://www.kia.com/hu/> (Letöltve: 2022.7.1.);
- [24] Király Péter – Szabados Péter (2018): „Személygépjármű flottacsere a Magyar Honvédségben”, Budapest, *Katonai Logisztika* 26. évfolyam 1–2. szám p. 176.
- [25] e-cars.hu, <https://e-cars.hu/elektromos-auto-arak-es-allami-tamogatas/> (Letöltve: 2021.7.30.);
- [26] iea.org, Electric car models available globally and average range, 2015–2020, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-car-models-available-globally-and-average-range-2015-2020-2> (Letöltve: 2021.8.5.);
- [27] iea.org, Trends and developments in electric vehicle markets, url: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/trends-and-developments-in-electric-vehicle-markets> (Letöltve: 2021.8.5.);
- [28] <https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/electric-vehicle-charging/> (Letöltve: 2021.8.6.).

JEGYZETEK

1 A GM Defense a General Motors katonai termékekkel foglalkozó leányvállalata, amelynek központja az észak-karolinai Concordban található.